

网格环境下的 Web 数据库系统^{*}

陈 曦 吴慧中

(南京理工大学计算机系605教研室 南京210094)

摘 要 近来网格技术的研究已成为研发的热点。本文介绍了当前网格技术的发展和状况,同时指出现有的网格应用大都使用文件系统来保存数据,而支持更大范围的应用和提高数据的存储和访问效率,必须将数据库系统集成入网格。本文在分析了网格的两种体系结构的基础上,提出将数据库系统纳入网格的方法,给出了系统结构和验证实例并阐明了系统工作流程,为网格应用的进一步开发奠定了基础。

关键词 网格,数据库,Globus,网格服务,EJB,Web service

Research on Web Database System in Grid Environment

CHEN Xi WU Hui-Zhong

(Department of Computer Science, Nanjing University of Science & Technology, Nanjing 210094)

Abstract Recently Grid technology research has been a hot R&D topic. This paper introduces the development and application status of Grid technology at present and points out that until now most of the Grid applications stored data in file system, but in order to support a wide range of applications and improve data store and access efficiency, it should integrate database system into Grid environment. Based on the analysis of present two Grid structures, this paper proposes methods to resolve the integration problem. Furthermore it provides the system architecture, discusses system's workflow and gives a test example in virtual prototyping which laid the foundation for extensive Grid applications.

Keywords Grid, Database system, Globus, Grid service, EJB, Web service

1 引言

网格作为一种主要用于高级科学和工程领域的分布式计算结构,从出现以来便引起了人们广泛的研究兴趣,Internet 提供的是四通八达的信息高速公路,网格提供的是 Internet 上琳琅满目的资源与服务超市。到目前为止,网格上的各类应用大都采用文件系统来传输和保存数据,而对数据库集成入网格的研究较少。但是数据库系统已经得到了广泛的应用,而且在数据的存储、组织、访问、权限控制和数据挖掘等方面远比文件系统占优势,网格要支持更大范围的应用和集成已有的系统,就必须解决将数据库系统较好地集成入网格的问题。本文在分析了网格体系结构和环境的基础上,提出了如何将数据库系统集成入网格的方法,并以虚拟样机概念设计系统作为验证实例,对网格环境下的数据库系统进行了实现,利用网格环境下的 Web 数据库技术方便而快捷地进行虚拟样机设计中模型数据的查询和交换。

2 网格的体系结构

网格体系结构就是如何建造网格的技术。它给

出了网格的基本组成与功能,描述了网格各组成部分的关系以及它们集成的方式或方法,刻画了支持网格有效运转的机制。要有效地将数据库系统集成入网格,首先必须对网格的体系结构做深入的研究。网格体系结构,目前比较重要的有两个,一是 Foster 等在早期提出的以协议为中心的五层沙漏结构;然后就是在以 IBM 为代表的工业界的影响下,考虑 Web 技术的发展,进一步结合 Web Service 技术提出的以服务为中心的 OGSA (Open Grid Services Architecture)。

2.1 五层沙漏结构

五层沙漏结构是以协议为中心的,根据该结构中各组成部分与共享资源的距离,将对共享资源进行操作、管理和使用的功能分散在五个不同的层次,底层是构造层(fabric),构造层面对的是一个具体的物理的资源。构造层的上面是连接层(connectivity),主要是为下层的物理资源提供安全的数据通信能力。连接层的上面是资源层(resource),它反映的是抽象的局部资源的特征,而资源层上面的汇聚层(collective)完成的功能是如何将下面以单个资源形式表现出来的资源集中起来,协调解决多个资源之间的。最上面的应用层(application)和资源的

^{*}该课题得到“十五”国防重大预研项目经费资助。陈 曦 博士研究生,主要研究方向为虚拟现实(VR),信息集成等。吴慧中 教授,博士生导师,主要研究方向为 CAD、虚拟现实(VR)和计算机仿真等。

距离最远,它关心的是有什么样的资源可以由下面提供给虚拟组织,解决不同虚拟组织的具体问题。五层沙漏结构以协议为中心的,一个重要特点就是结构中协议的沙漏形状。其含义就是各部分协议的数量是不同的,对于其最核心的部分,要能够实现上层各种协议向核心协议的映射,同时实现核心协议向下层其它各种协议的映射,核心协议在所有支持网格计算的地点都应该得到支持,因此核心协议的数量不应该太多,这样核心协议就形成了协议层次结构中的一个瓶颈,在五层结构中,资源层和连接层共同组成这一核心的瓶颈部分。目前在科学计算领域广泛使用的网格计算工具包 Globus Toolkit 2.0 (GT2.0)即是基于这种体系结构的。

2.2 开放网格服务结构

开放网格服务结构 OGSA,是继五层沙漏结构后最重要、也是最新的一种网络体系结构,被称为是下一代的网格结构。OGSA 定义了网格服务的概念,该服务提供了一组接口,这些接口的定义明确并且遵守特定的惯例,解决服务发现、动态服务创建、生命周期管理、通知和管理等问题。在 OGSA 中,将一切都看作是网格服务,因此网格就是可扩展的网格服务的集合。网格服务可以以不同的方式聚集起来满足虚拟组织的需要,虚拟组织自身也可以部分地根据它们操作和共享的服务来定义。OGSA 是以服务为中心的,服务是指具有特定功能的网络化实体。五层沙漏结构,强调的是被共享的物理资源,OGSA 强调的是服务,包括各种计算资源、存储资源、网络、程序、数据库等等都被看作是服务。五层模型试图实现的是对资源的共享,而在 OGSA 中,实现的将是对服务的共享。从资源到服务,这种抽象和虚拟化,将资源、服务、信息、数据等统一起来,十分有利于灵活的、统一的、动态的共享机制的实现,使得分布式系统管理有了标准的接口和行为。五层模型着眼点是支持虚拟组织组件互操作的协议,OGSA 着眼点是与协议消息相对应的服务,因此它们是解决同一个问题的两种不同的方式。Globus Toolkit 3.0 (GT3.0)即是基于该结构的网格计算工具包,但是这种结构的网格应用目前还不太成熟。

3 Globus 项目简介

Globus 项目是目前国际上最有影响的与网格计算相关的项目之一。Globus 对信息安全、资源管理、信息服务、数据管理以及应用开发环境等网格计算的关键理论和技术进行了广泛的研究,开发出能在多种平台上运行的网格计算工具软件 (Globus Toolkit),能够用来帮助规划和组建大型的网格试验和应用平台。为了有效地支持网格计算环境, Globus Toolkit 针对 Globus 项目中提出的各种协

议,提供了一系列的服务 (service)、软件库、编程接口 (API) 和使用例子。Globus 项目实现的主要组成部分为,网络安全基础设施—Grid Security infrastructure (GSI): GSI 负责在广域网络下的安全认证和加密通信,提供单点登录功能、远地身份鉴别功能、数据传输加密功能等,提供了基于 GSI 协议的 Generic Security Services API (GSS-API) 接口,是保证网格计算环境安全性的核心部分; Globus 资源分配管理—Globus Resource Allocation Manager (GRAM): GRAM 负责远程应用的资源请求处理、远程任务调度处理、远程任务管理等工作,负责对 Resource Specification Language (RSL) 信息的解析和处理工作,是网格计算环境中的任务执行中心;元计算目录服务—Metacomputing Directory Service (MDS): MDS 主要完成对网格计算环境中信息的发现、注册、查询、修改等工作,提供对网格计算环境的一个真实、实时的动态反映,主要基于 Lightweight Directory Access Protocol (LDAP) 协议,其处理的信息主要是网格计算环境中的各种资源、服务和其它主体 (entity) 的描述, MDS 是网格计算环境中的信息服务中心;全局二级存储服务—Global Access to Secondary Storage (GASS): GASS 简化了在 Globus 环境中应用程序对远程文件 I/O 的操作,使得使用 UNIX 和标准 C 语言 IO 库的应用程序基本不用改动就可在 Globus 环境中执行, GASS 是一个支持网格计算环境远程 I/O 访问的中间件;网格 FTP 服务—GridFTP: GridFTP 是一个高性能、安全、可靠的数据传输协议,并针对高带宽的广域网络环境进行了优化,具有支持第三方传输、断点续传、并行传输、与 GSI 结合的安全认证、缓存等特性,是网格计算环境中的数据传输工具; Globus 复制管理—Globus Replica Management: 复制管理是一大类科学应用程序中需要考虑的重要问题,由于存在对大型远程文件的访问, Globus Replica Catalog 通过把部分相关数据智能地放置在离科学应用程序最近的位置,使得科学应用程序可快速地对数据进行访问。

Globus 与 COM/DCOM, CORBA, DCE 等一样提供了一种在分布式环境下,对数据的共享和互操作的方案,但它操作的对象不限于组件而是组织。根据 Globus 的观点,大型应用项目应该由许多组织协同完成,这些组织通过网格计算环境形成一个统一的“虚拟组织”(Virtual Organization),网格计算环境中的用户、成员、资源可随时加入虚拟组织。在网格计算环境中,各组织拥有的计算资源、存储资源等各种资源可以被虚拟组织中的成员共享,并且各成员可方便地协同完成各种分布式应用和工作,所以, Globus 在分布式环境下提供了一个更高力度上

的支持。

基于目前广泛使用的 Globus Toolkit 主要支持分布式环境下的文件系统,并未涉及分布式环境下异构数据库如何处理,因此我们需要构建出在网格环境下解决 Web 数据库问题的解决方案,这也是网格环境下的各种应用,如大规模军事仿真,虚拟样机技术等首先要解决的问题。

4 将数据库系统集成入网格环境的方案

目前,各类数据库管理系统都不能直接满足网格的数据要求,所以,必须通过现有数据库管理系统提供的编程接口对它们进行外部包装,从而满足网格环境对数据库的需求。我们构建的网格应用开发工具采用 CoG Kits (Commodity Grid Toolkits),它是建立 Globus 工具包之上的高层网格开发工具和应用环境。CoG Kits 提供了 Java 接口,支持跨平台和分布式开发,同时提供了各种客户端工具来访问

Globus 服务和进行通讯。

4.1 GT2.0 网格环境下系统的解决方案

系统采用的结构如图1所示,第一层是客户端应用,提供给用户可视化的数据操纵和访问界面,对分布式数据进行查询和修改;第二层是基于 Globus 的网格支撑环境,在这个环境中封装了 Globus 提供的网格管理功能,能够进行安全控制和基于文件的资源管理等,同时封装了对分布式异构数据库访问的组件,该组件向 Globus 的 MDS 注册,以便于客户端应用能够通过网格支撑环境调用组件;第三层是分布式数据库层,为客户端的查询和访问提供数据服务。系统的前台采用 Java CoG Kit 开发,Java CoG Kit 的设计目标就是方便程序员开发基于 Java 和 Web 界面的网格应用,利用 Java CoG Kit 提供的底层网格界面组件实现与 Globus 服务连接,从而实现对网格资源的访问。

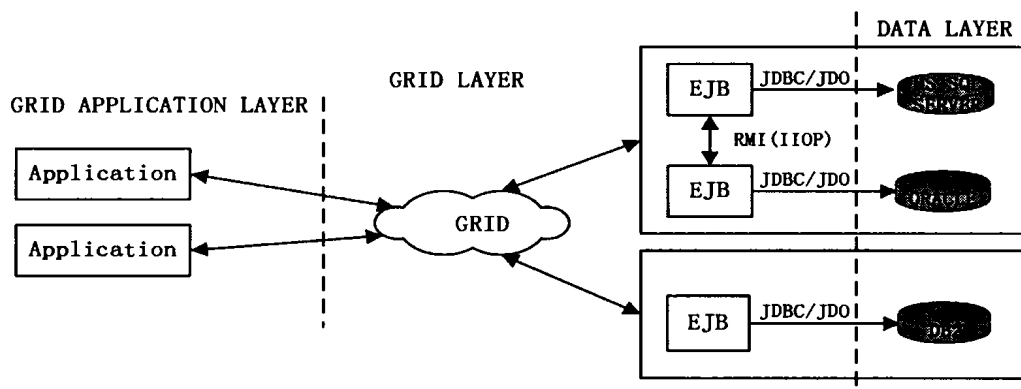


图1 GT2.0 网格环境下系统结构

考虑到整个系统都是基于 Java 语言构建的,故系统对分布式数据库访问的组件使用 EJB 来实现,这样一方面与系统一致,另一方面可以使组件在不同的运行数据库的平台上运行,同时基于 IIOP 实现的 EJB 组件还可与 CORBA 对象实现互通信,可以有效地解决与 Legacy 系统的集成,表明可扩展性相当完善。网格环境下的分布式 Web 数据库系统中每个数据库可对应多个具有各自功能的 Entity Bean 和 Session Bean 来完成对数据库中表的管理和业务逻辑的实现,这些组件也可进行本地数据库的数据挖掘处理,结果以 XML 的形式返回,通过 Globus 提供的 GridFTP 服务,将包含客户端所需数据的 XML 文件传送到客户端,由于数据挖掘在数据库端进行,有效地减少网络数据阻塞,提高效率和性能。同时局域网内的分布的数据库之间的数据管理和挖掘完全没有必要通过网格进行,因为它们处于防火墙内部同时对性能有较高的要求,故可以采用 EJB 和 EJB 之间的直接远程调用,这就有效地使用了紧耦合方式实现内部网的分布式数据库的管

理。EJB 还可利用容器提供的线程池,连接池,Cache 和事务管理等,使开发者关注于应用逻辑,而不必担心应用程序的底层结构,方便开发。XML 文件传送到客户端后,CoG Kit 实现的客户端中的 JavaBean 可将 XML 文件中的数据提取出来,重新在客户端的内存中构造出内存记录集,这样对于客户端而言,整个对 Web 数据库的查询或数据挖掘过程都是透明的,通过网格环境的支持和服务端的 EJB 组件及客户端的 JavaBean 的运作,实现了网格环境下对分布式异构数据库的访问。

该构建模式所利用的技术都很成熟,利用它们来实现数据库与网格集成的成本较低,且能满足网格环境下对数据库访问的需求。缺点是中间层次过多,在某些情况下可能性能较差。

4.2 GT3.0 网格环境下系统的解决方案

GT3.0 是将 GT2.0 和工业界已经广泛认同的 Web 服务结合起来基于 OGSA 架构而构建的网格开发工具包。Web Service,是一种标准的存取网络应用的框架,OGSA 提出了网格服务(grid service)

的概念,网格服务本质上是一种 Web Service,是遵循 Web Service 规范的,但其扩展了目前工业界的 Web Service 的功能,并且在实现方法上也有所不同。网格服务支持临时服务的动态创建和删除,用户通过调用网格服务的接口来使用网格服务。OGSA

定义的部分网格服务接口如表1所示,其中 GridService 接口是必需的。一个网格服务可以实现一到多个接口,每个接口定义了相应的操作,这些操作通过交换一系列消息来激活。

表1 OGSA 定义的部分网格服务接口

serviceType	Method	Description
GridService	FindServiceData	查询网格服务实例的各种信息
	SetTerminationTime	设置网格服务实例的终止时间
	Destory	终止网格服务实例
Registry	RegisterService	注册网格服务
	UnRegisterService	取消网格服务的注册
Factory	CreateService	创建新的网格服务实例
HandleMap	FindByHandle	返回与服务句柄相联系的网格服务实例

Web 服务的核心是在大的异构网络上将应用连接起来,通过 Web 标准 UDDI, WSDL 和 XML/SOAP 将 Internet 从一个通信网络发展到一个应用平台。一旦 Web 服务在更大的范围内得以实现,其重点将会是基础设施所需要的应用连接标准的制定。由于 Web 服务一开始就设计为在整个异构网络上工作,而当前标准还没有考虑不同方面的复杂性,比如网格已经解决的不同操作系统之间的通信问题,访问不同文件系统管理的文件,在多个管理域形成的环境中操作,因此 Web 服务自然地需要下层网格软件提供的服务。服务网格环境下的集成了数据

库访问功能的系统结构如图2所示。

一个应用需要能够发现网格服务并知道服务的调用方法。所以网格环境必须提供一种发现机制,这个机制由网格的 GridService 接口提供,该接口内定义了一个标准的 WSDL 操作 FindServiceData 方法,用于查询和检索服务数据。网格环境同时还提供注册服务,它提供接口以注册网格服务,一个服务注册后,其它应用就可通 FindServiceData 方法检索到该服务,并且通过 Factory 接口的 CreateService 方法创建出该网格服务的实例,并将该服务的引用返回给调用网格服务的应用程序。

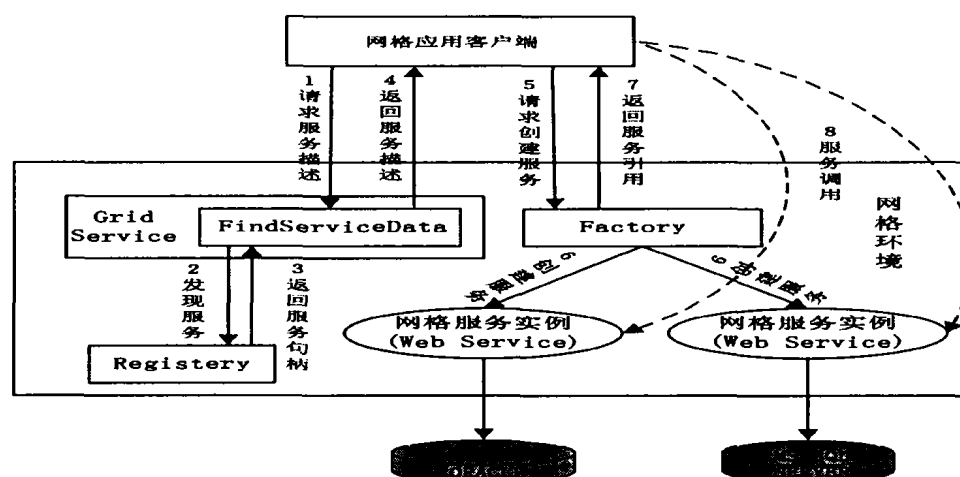


图2 GT3.0网格环境下系统结构

下面描述基于 OGSA 的网格环境的访问分布式数据库的流程,它包括基本的远程服务激发和生命周期管理等功能。该环境由运行用户的应用程序,网格支撑环境的平台和数据库服务层组成。用户程序首先通过 GridService 接口的 FindServiceData 方法,得到网格服务的描述,然后向相应的 Factory 接口发出创建网格服务的请求,要求创建数据库访问服务,它将执行数据访问操作,该计算要求在网格环

境分配临时空间。发出请求的用户和相关 Factory 之间使用代理认证机制,然后授权。请求成功将导致网格服务实例的创建,并给该实例赋以一个初始的生命周期,新的数据访问服务实例以用户的身份执行进一步的远程访问数据库的操作,向数据库服务提出请求,将结果存放在网格环境提供的存储空间中,再由网格支撑环境将相应的结果传送给用户。其中完成数据库访问的网格服务可由目前工业界广泛

使用的 Web 服务来完成,目前的 Web 服务已经能够解决分布式异构数据库的访问的问题。所以将 Web 服务和网络支撑环境相互融合的体系结构能够解决绝大部分的分布式计算的问题,是下一代网络发展的目标。但该解决方案所利用的技术较新,还不太成熟。

我们在虚拟样机仿真支撑环境研究的项目的子模块虚拟样机概念设计中使用了这种解决方案,该项目为预研项目。复杂产品虚拟样机概念设计是一个多领域、跨平台的协同设计过程,需要实现不同学科,如机械、电子、控制、软件等领域的学科协作,所以虚拟样机系统作为高层应用以网格技术作为底层

网络支撑是极为必要的。协作体现在两个层次:设计过程的协作和数据模型的共享。对于设计过程的协作,我们采用多 Agent 系统的方法来实现;对于多领域产品设计的数学模型,物理模型和系统模型的共享,特别是数据库中存储模型采用何种方法在网格环境下传输等复杂产品虚拟样机概念设计中迫切需要解决的问题,我们采用了本文中提出的网格环境下的 Web 数据库系统解决方案,达到模型数据的共享,解决复杂产品概念设计中的跨地域通信和支持 Web 开发等问题,真正达到设计过程的协作和数据的共享,实现了一个多领域协同的分布式跨平台的复杂产品虚拟样机概念设计系统。

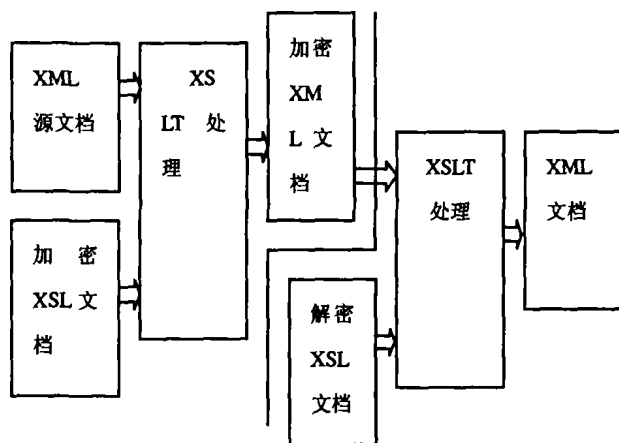


图3 复杂产品虚拟样机概念设计系统结构

网络环境下的虚拟样机概念设计系统结构如图3所示,各设计领域需要在网络环境下交换模型库中的设计模型的数据,实际的网格环境是由 GT3.0 构建的,所以我们的解决方案采用 GT3.0 网络环境下的 Web 数据库解决方法。网格应用客户端,在该应用中即各设计领域 Agent 通过请求调用网格服务,来访问网络环境下虚拟样机概念设计系统中其它设计领域的数据库的设计信息。通过验证实例的运行,表明该网络环境下的 Web 数据库解决方案是切实可行的,并在实际应用中取得了较好的效果。但是该系统在数据处理量大,负载重和客户数多的情况下,对数据访问的效率和性能是否能令人满意还有待进一步测试。

结论 目前,对网格的研究还处于初级阶段,但是网格已经显示了它广泛的应用前景,在大规模仿真和分布式超级计算,数据密集型计算中都会发挥出巨大的效力。网格要成为一种通用的平台,支持科学、工程和商业等各领域的应用,就必须将数据库系统更好地集成到网格中来。本文在分析了网络环境和网格的体系结构的基础上,提出了在两种网格体系结构下,将数据库系统集成入网格的方法。总结两

种方法的特点,我们认为,第一种解决方法所利用的技术较成熟,是近期网格应用的一个可行性选择,但从长远来看,基于 OGSA 架构的网格环境和用网格服务实现数据库访问的方式将是网格发展的必由之路。

参考文献

- 1 Foster I, Kesselman C, Tuecke S. The anatomy of the Grid: Enabling scalable virtual organizations. International [J]. Super-computer Applications, 2001, 15(3)
- 2 Foster I, Kesselman C, Nick J, Tuecke S. Open Grid services architecture: Distributed systems integration: [Technical Report, Globus Project Technical Report]. <http://www.globus.org/research/papers/ogsa.pdf>, 2002
- 3 Tian G Y, Taylor D. Design and implementation of a Web-based distributed collaborative design environment [C]. In: Fifth Intl. Conf. on Information Visualization, 2001
- 4 Foster I, Kesselman C. Computational Grids: The future of high-performance distributed computing [M]. Morgan Kaufmann Publishers, 1998
- 5 Hoschek W, McCance G. Grid enabled relational database middleware. Global Grid Forum, Frascati, Italy, 2001